

## Corrections to “Blockage Loss by Feed Horn Array”

Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

### “フィード・ホーン群による遮蔽損失”への訂正

武安義幸 / JA6XKQ

“フィード・ホーン群による遮蔽損失”を検討した際 [1], 輻射パターンについて DL2LAC Ernst-Guenther Carstensen 氏の実測値とシミュレーションを比較検討した。今般, この比較検討に誤りを発見したので訂正する。誤りは, 輻射パターン表示の座標系とアンテナ方位角/仰角制御の座標系の違いに関わるものである。座標系の違いを補正して輻射パターンの比較を行う。

### はじめに

DL2LAC Ernst-Guenther Carstensen 氏の 5 バンド対応 4m ディッシュでのフィード・ホーン群による遮蔽損失をシミュレーションにて検討した際, シミュレーションの妥当性を確認するために輻射パターンの実測値とシミュレーションを比較した [1]。実測値は DTV 衛星放送波を受信して, アンテナの AZ (Azimuth: 方位角) と EL (Elevation: 仰角) を変化させて受信レベルの変化を記録したものであった。一方, シミュレーションは E 面(電界)と H 面(磁界)の輻射パターンを比較対象とした。

今般, アンテナ指向の精度を確保する目的から, アンテナ指向誤差を数値モデル化して補正することを試みた [2]。アンテナ指向誤差を生じる物理的要因の一つとして, アンテナ・マウントの機構的な指向軸とアンテナ・ビームとのずれがあり, これをコリメーション・エラーと称している。アンテナ・マウント機構が EL の変化に対して変形しない限りは, コリメーション・エラーの大きさは一定である。しかし, コリメーション・エラーの大きさを AZ 角度で測定すると, EL が大きくなるに伴って, あたかもコリメーション・エラーが大きくなるかのように測定される。このコリメーション・エラーと AZ/EL の関係について [2] にて論じた。

DTV 衛星放送波を受信して, AZ/EL 角度で輻射パターンを測定する冒頭の例は, コリメーション・エラーと AZ/EL の関係と同一であることに [2] の検討過程で気づき, 同時に [1] での比較方法の誤りに気づいた次第である。

以下に, アンテナ方位角 (AZ) / 仰角 (EL) 制御の座標系と輻射パターン表示の座標系の違いを示し, 座標系の違いを補正して輻射パターンの比較を行う。

## アンテナ方位角/仰角と輻射パターンの関係

図-1 にアンテナ方位角 (AZ) / 仰角 (EL) と輻射パターンの関係を示す。地球儀の経線と緯線のように示されているのは AZ と EL の角度であり, 10 度毎に刻まれている。地球儀での赤道が EL = 0 度の地平線に相当する。なお, AZ/EL による座標系は地平座標系 (Horizontal Coordinate System) と呼ばれる [3]。

図-1 において赤い円は, 輻射パターンの電力半値角 (HPBW: Half Power Beam Width) を示しており, アンテナ・ビームを水平 (EL = 0 deg.) と仰角 40 度 (EL = 40 deg.) に向けた二例を示している。いずれの仰角においても, アンテナ・ビームは南 (AZ = 180 deg.) を向いている。

アンテナ・ビームが水平 (EL = 0 deg.) の図から分かるように, HPBW は水平/垂直 (あるいは電界/磁界) とともに  $\pm 20$  度と仮定している。仰角 40 度の図から水平方向の HPBW を AZ で読取ると,  $\pm 20$  度を越えた値となっている。垂直方向の HPBW を EL で読取ると  $\pm 20$  度である。HPBW は仰角に依らずに一定であるところ, AZ で HPBW を読取ると, 仰角の増大とともに大きく「見える」ことを 図-1 は示している。その大きく「見える」比率は, 仰角を EL 度として  $1/\cos EL$  となる [2]。したがって, EL = 40 度では約 1.3 倍の拡

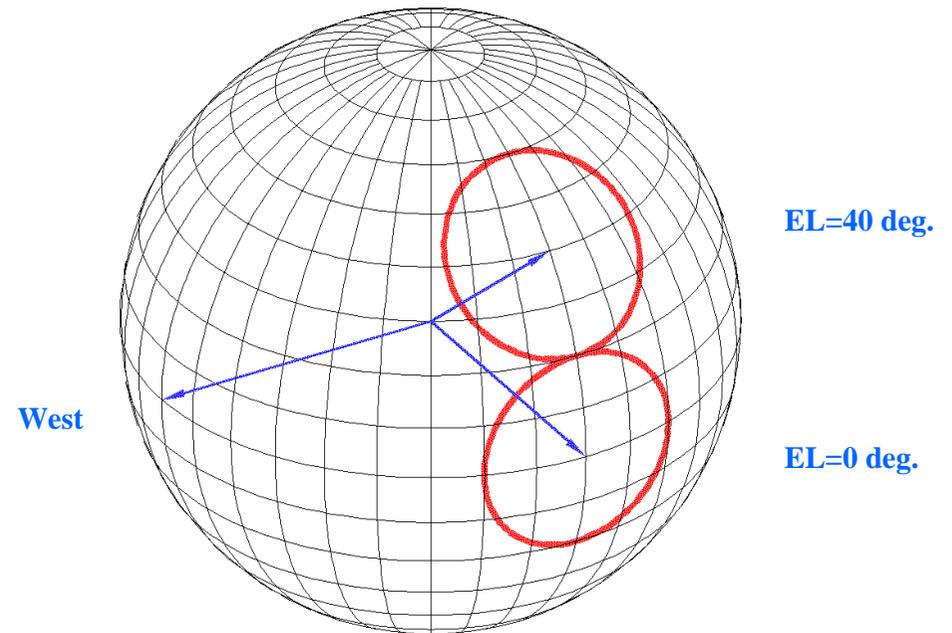


図-1 : アンテナ方位角/仰角と輻射パターンの関係

大率となり、 $\pm 20$  度の HPBW が AZ で  $\pm 26$  度と読取られることになる。

太陽雑音や静止軌道上の衛星放送波、つまり、仰角のある信号源を用いて輻射パターンを AZ/EL で読取った場合、AZ 読取り値は  $\cos EL$  で補正しなくてはならない。例えば、 $EL = 60$  度で  $HPBW = \pm 5$  度と AZ で読取った場合、真の HPBW は、 $\pm 5 \times \cos(60\text{deg}) = \pm 2.5$  である。

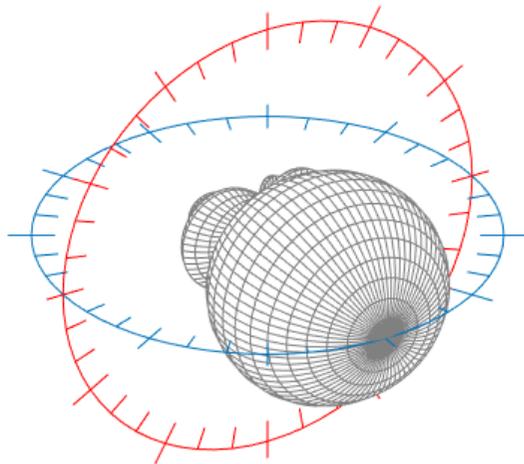


図-2 : 球面座標系での輻射パターン表示 (EL = 0 度)

(C) 2021, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

## 輻射パターン表示の座標系

アンテナの輻射パターンの表示で用いる座標系は球面座標系 (Spherical Coordinate System) と呼ばれる [4]。図-2 に球面座標系を用いて輻射パターンの一例を表示する。アンテナ・ビームを通る青色の円環が 角度を示し、それと直角な赤色の円環が 角度を示している。いずれも 10 度毎に目盛りを刻んでいる。

仰角について対比できるように、図-2 は 図-1 と同じ視角 (view angle) で描画している。同様に、図-3 は 図-1 において  $EL = 40$  度に相当する。球面座標系には、そもそも、水平/垂直の概念はなく、ビームの方向に座標系が付随する様子を示している。図-2 と

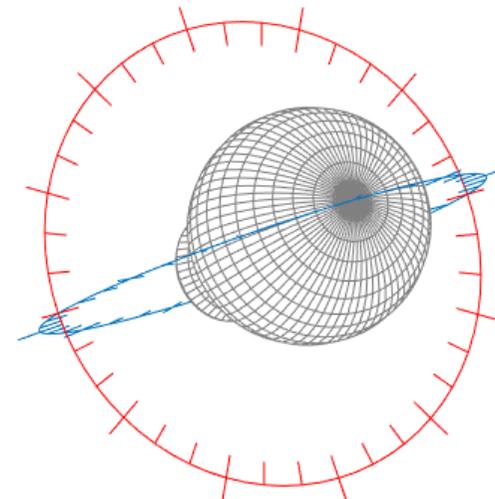


図-3 : 球面座標系での輻射パターン表示 (EL = 40 度)

(C) 2021, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

図-1 の対比から、地平座標系において EL = 0 度でのみ AZ 読値が球面座標系の 角度に一致することが分かる。

## 実測値の補正

DL2LAC Ernst-Guenther Carstensen 氏が DTV 衛星放送波を用いて、AZ 読値で実測した結果を図-4 の緑色プロットに示す。図-4 の横軸は“Theta (deg)”としているが、実測値については AZ 値に読み替える。

実測の信号源は Thor-10 衛星で、DL2LAC 局では EL = 27 度で受信された。前述の地平座標系と球面座標系の関係から、EL = 27 度での AZ 読値を  $\cos(27\text{deg}) = 0.89$  で補正すると 角度の真値となる。補正した結果を、図-4 の赤色プロットに示す。

ここで着目すべき点は、実測値においてアンテナ・ビームから約 6.8 度離れで受信された

隣接衛星の信号である。隣接衛星は静止衛星軌道上で 6 度離れで配置されている。補正の結果、 = 6 度に隣接衛星の信号が現れているので、DL2LAC 局の AZ 読値が正確であり、かつ、補正が正しいと判定できる。

## 補正後実測値とシミュレーション値の比較

AZ 角度から 角度へ補正した実測値とシミュレーション値を図-5 に示す。[1]において実測値とシミュレーション値を比較するにあたって、実測での角度とレベルの分解能が支配的な誤差要因と考え、定量的な比較検討ではなく定性的な比較検討にとどめた。座標系の違いを補正しても誤差要因を排除できる訳ではないので、本稿でも定性的な比較検討にとどまる。

図-5 から次のような相関性が読み取れ、[1]と同じ結論となる。

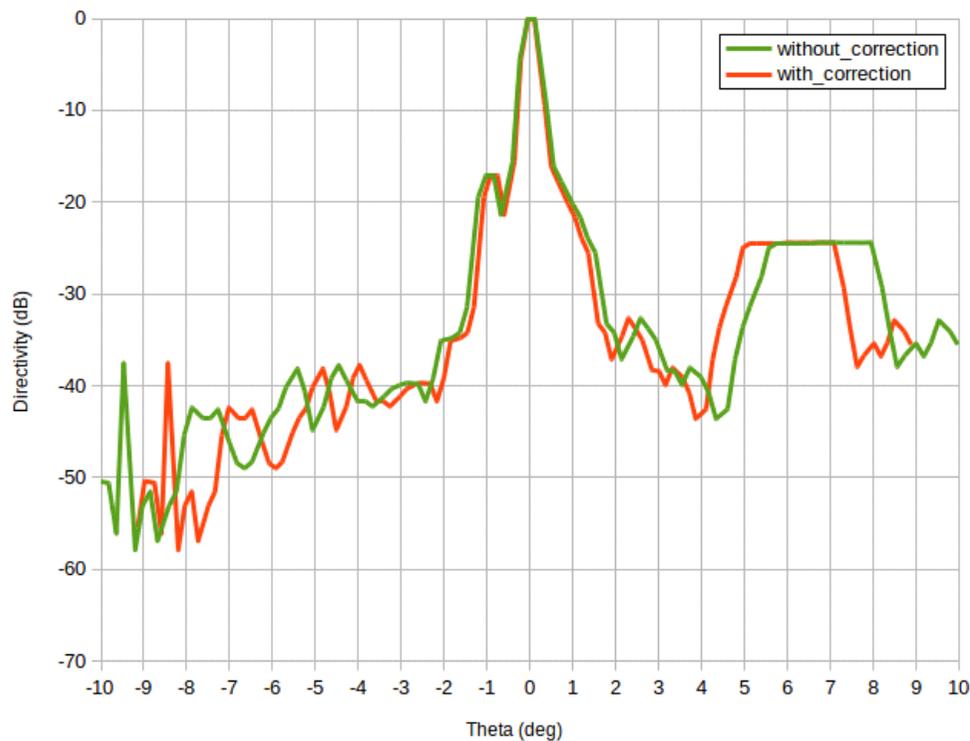


図-4 : 輻射パターンの実測値と補正值

(C) 2021, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

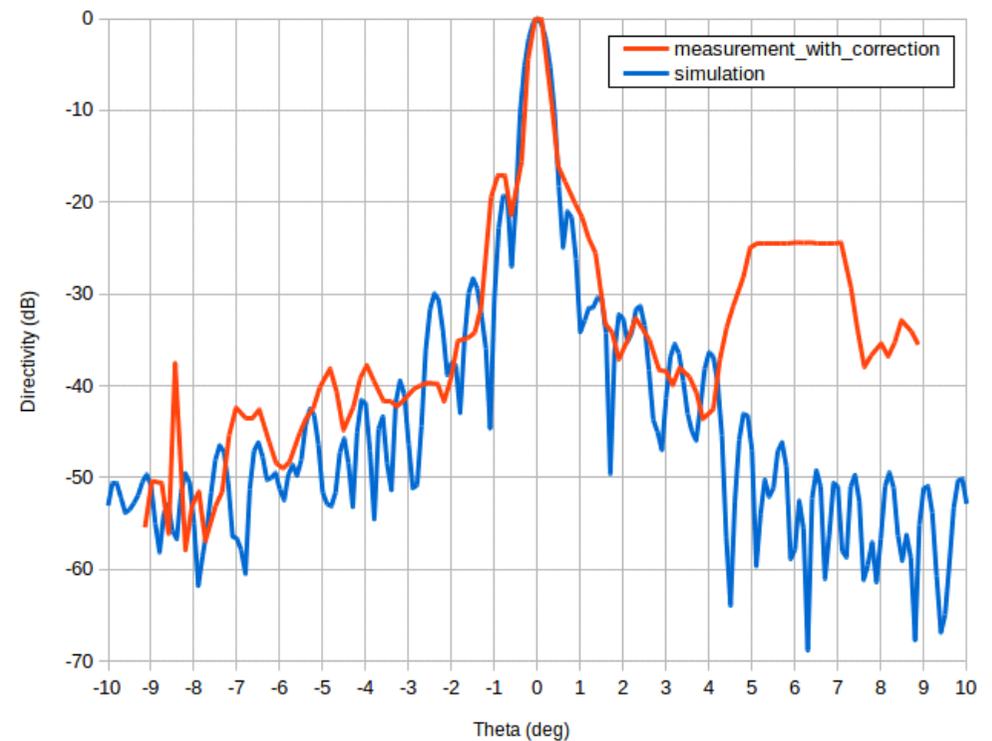


図-5 : 補正後実測値とシミュレーション値の比較

(C) 2021, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

- 1 第一サイド・ローブの非対称性とそのレベル
- 2 角度  $\pm 1 \sim \pm 4$  deg. サイド・ローブの非対称性とそのレベル

## まとめ

AZ/EL 角度で表現する地平座標系を用いた輻射パターン実測値を, 球面座標系へ変換することなくシミュレーション値と直接比較するという [1] での誤りを明らかにし, 座標変換に必要な正しい補正を適用して誤りを訂正した.

//

## 参考文献

[1] 武安義幸, JA6XKQ, “フィード・ホーン群による遮蔽損失,” Oct. 13. 2018.

[http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/BlockageLoss\\_4.pdf](http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/BlockageLoss_4.pdf)

[2] 武安義幸, JA6XKQ, “アンテナ指向誤差の数値モデルと補正,” Jul. 3. 2021.

[http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/PointingError\\_1.pdf](http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/PointingError_1.pdf)

[3] 長沢工. “天体の位置計算増補版.” 256p, 地人書館 (1985).

[4] Balanis, Constantine A. “Antenna theory: analysis and design.” John wiley & sons, 2015.